

---

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

First Semester Examination  
2012/2013 Academic Session

January 2013

**EEK 471 – ADVANCED POWER ELECTRONIC**  
**[ELEKTRONIK KUASA LANJUTAN]**

Masa : 3 jam

---

Please check that this examination paper consists of **THIRTEEN (13)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TIGA BELAS (13)** muka surat muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini]*

**Instructions:** This question paper consists **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

**Arahan:** Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama]

Answer to any question must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru]*

“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.

**[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai]**

1. (a) Jelaskan dengan ringkas, bagaimana kearuhan talian menjejaskan suatu penerus ?

*Describe briefly, how line inductance affects the performance of a rectifier?*

(5 markah/marks)

- (b) Satu penerus satu fasa gelombang penuh terkawal beroperasi dari pembekal 150 V, 50 Hz. Rintangan beban adalah  $15 \Omega$  dan sudut picuan adalah  $\pi/3$ . Tentukan arus purata thyristor  $I_A$  dan arus rms thyristor  $I_R$

*A single-phase full-wave controlled rectifier is operated from 150 V, 50 Hz ac supply. The load resistance is  $15 \Omega$  and firing angle is  $\pi/3$ . Determine the average thyristor current  $I_A$  and rms thyristor current  $I_R$ .*

(30 markah/marks)

- (c) Satu penerus tiga fasa gelombang penuh terkawal mempunyai voltan bekalan masukan 220 Vrms (line-to-line) dan sebuah rintangan beban  $12 \Omega$ . Penerus menghasilkan voltan keluaran ialah 40% daripada voltan keluaran maksimum yang mungkin. Tentukan,

*A three-phase full-wave controlled rectifier has an input supply voltage of 220 Vrms (line-to-line) and a load resistance of  $12 \Omega$ . The rectifier produces an output voltage that is 40% of the maximum possible average output voltage. Determine,*

- (i) sudut lengah  $\alpha$   
*the delay angle  $\alpha$*
- (ii) arus rms dan arus keluaran purata  
*the rms and average output currents*

- (iii) arus thyristor purata dan rms  
*the average and rms thyristor currents*
- (iv) kecekapan penerus  $\eta$ , dan  
*the rectifier efficiency  $\eta$ , and*
- (v) faktor kuasa masukan  
*the input power factor.*

(65 markah/marks)

2. (a) Senaraikan mana-mana lima aplikasi daripada pengawal-pengawal voltan au.  
*List any five applications of ac voltage controllers.*

(5 markah/marks)

- (b) Satu pengawal voltan au tiga fasa gelombang penuh yang digunakan untuk mengawal aliran tenaga kuasa au 230 V, 50 HZ kedalam satu litar beban yang mengandungi  $R=10\ \Omega$  dan  $L=10\text{ mH}$ . Sudut lengah kedua-dua thyristor adalah sama iaitu  $\alpha_1 = \alpha_2 = \pi/3$  dan pemadaman arus sudut ialah  $\beta = 197.45^\circ$ .  
Tentukan:

A single-phase full-wave ac voltage controller is used for controlling the power flow from 230 V, 50 HZ ac source into a load circuit consisting of  $R=10\ \Omega$  and  $L=10\text{ mH}$ . The delay angle of both the thyristors are equal,  $\alpha_1 = \alpha_2 = \pi/3$  and current extinguishing angle is  $\beta = 197.45^\circ$ . Determine:

- (i) arus beban maksimum  $I_m$   
*the maximum load current  $I_m$*
- (ii) Sudut galangan beban  $\phi$ ,  
*the load impedance angle  $\phi$ ,*
- (iii) Sudut pengaliran thyristor  $T_1$   
*the conduction angle of the thyristor  $T_1$*
- (iv) voltan keluaran RMS, dan  
*the RMS output voltage, and*
- (v) faktor kuasa masukan  
*the input power factor.*

(55 markah/marks)

- (c) Satu pengawal tiga fasa terkawal membekalkan kepada suatu beban rintangan  $R=10\ \Omega$  tersambung Y dan voltan talian ke talian adalah 415 V (rms) pada 50 Hz. Sudut lengah adalah  $\alpha=\pi/4$ . Tentukan,

*A three-phase full-wave controller supplies a Y-connected resistive load of  $R=10\ \Omega$  and line-to-line input voltage is 415 V (rms) at 50 Hz. The delay angle is  $\alpha=\pi/4$ . Determine*

- (i) Voltan keluaran rms  $V_o$ ,  
*the rms output voltage  $V_o$ ,*
- (ii) arus thyristor rms  $I_R$ , dan  
*the rms thyristor current  $I_R$ , and*

...5/-

- (iii) faktor kuasa masukkan PF  
*the input power factor PF.*

(40 markah/marks)

3. (a) Lakarkan gambarajah litar penyongsang tolak-tarik dan huraikan secara ringkas operasinya, dengan bantuan voltan relevan dan bentuk gelombang arus.

*Sketch the circuit diagram of a push-pull inverter and briefly describe its operation with the aid of relevant voltage and current waveforms.*

(20 markah/marks)

- (b) Satu penyongsang satu fasa setengah gelombangn mempunyai satu beban RL dengan rintangan beban  $R = 10\Omega$ ,  $L = 0.05H$ . Frekuensi penyongsang ialah  $f = 60\text{Hz}$  dan voltan input at adalah  $V_S = 300V$ . Tentukan

*A single-phase half-bridge inverter has an RL load with  $R = 10\Omega$ ,  $L = 0.05H$ . The inverter frequency is  $f = 60\text{Hz}$  and dc input voltage is  $V_S = 300V$ . Determine*

- (i) arus beban puncak,  
*the peak load current,*
- (ii) masa arus lintas sifar selepas dimulakan daripada separuh kitar.  
*the time of current zero crossing after start of a half cycle,*
- (iii) arus suis purata dan  
*the average switch current and,*
- (iv) arus diod purata  
*the average diode current.*

(45 markah/marks)

- (c) Satu penyongsang tiga fasa mempunyai sambungan bintang tersambung dengan beban  $R = 5 \Omega/\text{phase}$ . Penyongsang beroperasi pada mode hantaran  $180^\circ$  dan ianya mempunyai frekuensi suis ialah  $f_s = 60 \text{ Hz}$ . Voltan masukan adalah  $V_s = 250 \text{ V}$ . Tentukan:

*A three-phase bridge inverter has a star connected load of  $R = 5 \Omega/\text{phase}$ . The inverter is operated in  $180^\circ$  conduction mode and its switching frequency is  $f_s = 60 \text{ Hz}$ . The dc input voltage is  $V_s = 250 \text{ V}$ . Determine*

- (i) nilai rms daripada voltan talian masukan dan voltan fasa,  
*the rms value of output line and phase voltages,*
- (ii) nilai rms komponen asas bagi voltan talian dan voltan fasa,  
*the rms value of the fundamental component of line and phase voltages,*
- (iii) jumlah herotan harmonik THD dan  
*the total harmonic distortion THD, and*
- (iv) faktor herotan LOH.  
*the distortion factor of LOH.*

(35 markah/marks)

4. (a) Rekabentuk suatu penukar buck untuk menghasilkan voltan keluaran 35 V daripada suatu voltan masukan a.t. 75 V. Perintang beban keluaran ialah  $10\text{-}\Omega$ . Riak voltan keluaran mesti tidak melebihi 0.5 peratus. Rekabentuk untuk arus aruhan berterusan. Nyatakan perbandingan kerja, frekuensi pensuisan, nilai aruhan dan penyuap, penerapan voltan puncak daripada masing-masing devices, dan arus rms pada pearly dan pemuat. Anggap komponen-komponen adalah tulen.

*Design a buck converter to generate an output voltage of 35 V from an input dc supply voltage of 75 V. The output load resistor is  $10\text{-}\Omega$ . The output voltage ripple must not exceed 0.5 percent. Design for the continuous inductor current. Specify the duty ratio, the switching frequency, the values of the inductor and capacitor, the peak voltage rating of each device, and the rms current in the inductor and capacitor. Assume ideal components.*

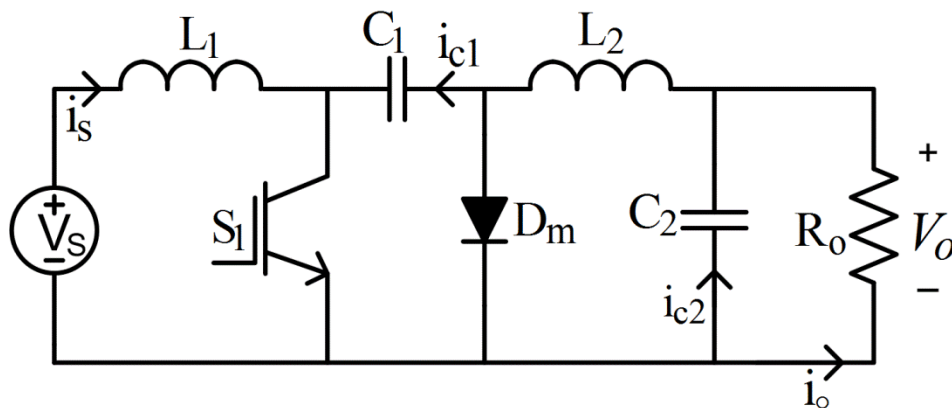
(50 markah/marks)

- (b) Penukar Cuk diperlihatkan dalam Rajah 4(b) mempunyai suatu bekalan voltan masukan  $V_S = 30\text{ V}$  dan rintangan beban  $R_o = 30\text{ }\Omega$ . Kitar kerja  $D = 0.60$  dan frekuensi suis ialah  $f_s = 20\text{ kHz}$ . Pearly penapis  $L_2 = 150\text{ }\mu\text{F}$  dan muatan penapis ialah  $C_2 = 150\text{ }\mu\text{F}$ . Muatan perpindahan tenaga pemuat ialah  $C_1 = 200\text{ }\mu\text{F}$  dan aruhan  $L_1 = 180\text{ }\mu\text{H}$ . Tentukan :

*The Cuk converter shown in Figure 4(b) has an input supply voltage of  $V_S = 30\text{ V}$  and load resistance of  $R_o = 30\text{ }\Omega$ . The duty cycle  $D = 0.60$  and the switching frequency is  $f_s = 20\text{ kHz}$ . The filter inductance is  $L_2 = 150\text{ }\mu\text{F}$  and filter capacitance is  $C_2 = 150\text{ }\mu\text{F}$ . The energy transfer capacitance is  $C_1 = 200\text{ }\mu\text{F}$  and inductance  $L_1 = 180\text{ }\mu\text{H}$ . Determine;*

- (i) voltan keluaran  $V_o$   
*the average output  $V_o$*
- (ii) arus masukan purata  $I_S$   
*the average input current  $I_S$*
- (iii) riak arus puncak ke puncak pada aruhan  $L_1$  dan  $L_2$   
*the peak to peak ripple current of inductors  $L_1$  and  $L_2$*
- (iv) riak voltan puncak ke puncak daripada pemuat  $C_1$ , dan  $C_2$ ,  
*the peak to peak ripple voltage of the capacitors  $C_1$ , and  $C_2$ ,*
- (v) arus puncak pada transistor  $I_P$ .  
*the peak current of the transistor  $I_P$ .*

(50 markah/marks)



Rajah 4(b)  
Figure 4(b)



5. (a) Apa kegunaan suatu litar salun-LC dalam penukar salun?

*What is the use of an LC-resonant circuit in resonant inverters?*

(10 markah/marks)

- (b) Penukar siri salun jambatan penuh dalam Rajah 5(b) beroperasi pada frekuensi 3 kHz. Jika  $C_r = 5\mu F$ ,  $L_r = 40\mu H$ ,  $R_L = 3\Omega$  dan  $V_{DC} = 100V$ , tentukan

*The full-bridge series resonant inverter in Figure 5(b) is operated at a frequency of 3 kHz. If  $C_r = 5\mu F$ ,  $L_r = 40\mu H$ ,  $R_L = 3\Omega$  and  $V_{DC} = 100V$ , determine*

- (i) frekuensi salun  $\omega_r$  dan  $f_r$ ,  
*the resonant frequency  $\omega_r$  and  $f_r$ ,*
- (ii) faktor redaman  $\alpha$  dan alfa daripada arus beban  
*the damping factor  $\alpha$  and the off period of load current,*
- (iii) arus bekalan puncak  $I_P$   
*the peak supply current  $I_P$*

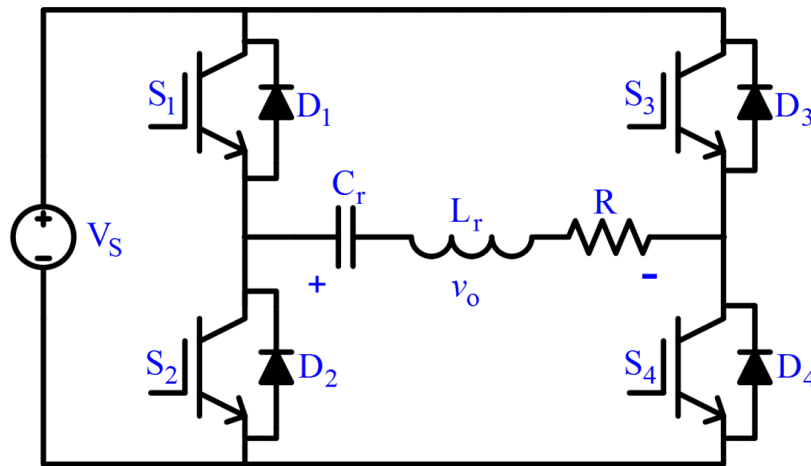
(55 markah/marks)

- (c) Penukar siri salun salunan membekalkan suatu kuasa keluaran 800 W . Apabila beroperasi pada salunan. Frekuensi salunan adalah 20 kHz dan perintang beban adalah  $10\Omega$ . Tentukan

*A series resonant inverter supplies an output power of 800 W when operating at resonance. The resonant frequency is 20 kHz and load resistance is  $10\Omega$ . Determine*

- (i) voltan a.t. masukan  $V_S$ ,  
*the dc input voltage  $V_S$ ,*
- (ii) faktor kualiti  $Q_s$  jika ia diharapkan untuk mengurangkan kuasa beban ke 200 W dengan kendali frekuensi = 0.8,  
*the quality factor  $Q_s$  if it is desired to reduce the load power to 200 W by frequency control so that  $u = 0.8$ ,*
- (iii) Saiz daripada aruhan dan pemuat.  
*the size of inductor and capacitor.*

(35 markah/marks)



Rajah 5(b)  
Figure 5(b)

6. (a) Kelaskan penebat penukar a.t-a.t pada asas daripada ujian teras pengubah dan berikan paling sedikit dua contoh daripada setiap jenis.

*Classify isolated dc-dc converters on the basis of transformer core excitation and give at least two examples of each type.*

(10 markah/marks)

- (b) Suatu penukar PWM at-at jambatan penuh menghasilkan voltan keluaran at adalah 50 V merintangi beban rintangan  $5 \Omega$ . Voltan bekalan masukkan ialah 300 V dan nisbah lilitan bagi pengubah ialah  $a = N_S/N_P = 0.25$ . Anggaplah bahawa kecekapan kuasa penukar ialah 80%. Tentukan

*A PWM full-bridge dc-dc converter produces an output dc voltage of 50 V across a resistive load of  $5 \Omega$ . The input dc supply voltage is 300 V and turn ratio of the transformer is  $a = N_S/N_P = 0.25$ . Assume that power efficiency of the converter is 80%. Determine*

- (i) kitar kerja D,  
*the duty cycle D,*
- (ii) kuasa masukan dan keluaran penukar,  
*the output and input powers of the converter,*
- (iii) arus masukan purata  $I_S$ ,  
*the average input current  $I_S$ ,*
- (iv) Arus transistor  $I_C$ .  
*the transistor current  $I_C$ .*

(40 markah/marks)

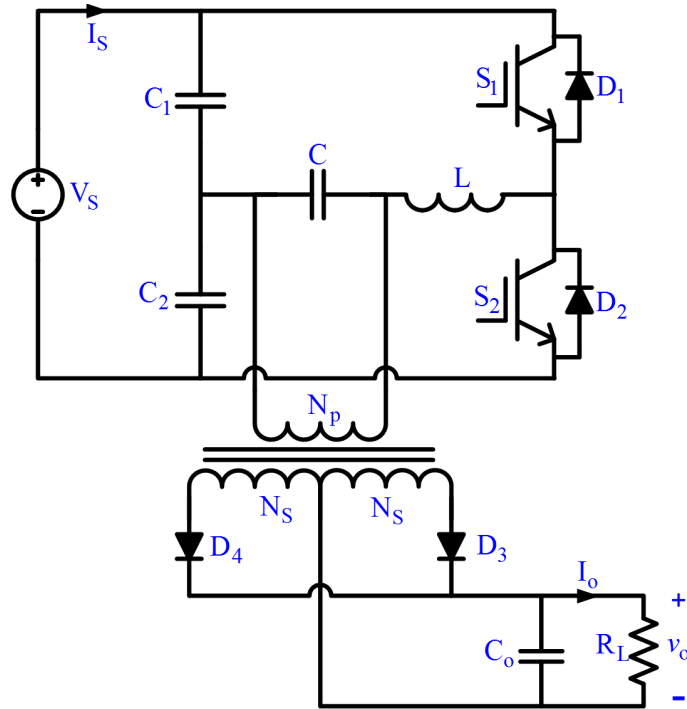
- (c) Penukar resonant a.t-a.t separuh jambatan dalam Rajah6(b) menghasilkan purata voltan keluaran a.t. 24 V yang merentasi satu rintangan beban  $0.8 \Omega$  ketika beroperasi pada frekuensi salunan. Voltan bekalan masukkan ialah 100 V dan nisbah lilitan pengubah ialah  $a = N_s/N_p = 0.25$ . Nilai aruhan salunan ialah  $L = 20\mu H$  dan pemuat salunan adalah  $C_1 = C_2 = C = 1 \mu F$ . Abaikan kejatuhan voltan beroperasi bagi diod-diod dan transistors dan anggap pengubah adalah tanpa kehilangan. Tentukan

*The half-bridge resonant dc-dc converter in Figure 6(b) produces an average output dc voltage of 24 V across a resistive load of  $0.8 \Omega$  when operated at resonant frequency. The dc input supply voltage is 100 V and transformer turn ratio is  $a = N_s/N_p = 0.25$ . The value of resonant inductor is  $L = 20\mu H$  and resonant capacitors are,  $C_1 = C_2 = C = 1 \mu F$ . Neglect the on-state voltage drop of diodes and transistors and assume that transformer is lossless. Determine*

- (i) arus masukkan purata  $I_S$ ,  
*the average input current  $I_S$ ,*
- (ii) arus transistor purata  $I_A$ ,  
*the average transistor current  $I_A$ ,*
- (iii) arus transistor puncak  $I_P$ ,  
*the peak transistor current  $I_P$ ,*
- (iv) arus transistor rms  $I_R$ , dan  
*the rms transistor current  $I_R$ , and*
- (v) Voltan transistor litar terbuka  $V_{OC}$ .  
*the open circuit transistor voltage  $V_{OC}$ .*

(50 markah/marks)

...13/-



Rajah 6(b)  
Figure 6(b)

ooo0ooo